

L'implantation ionique: une nouvelle manière de concevoir le traitement de surface



Le succès de la Silicon Valley repose sur une recette maintenant bien connue: une technologie portée par un territoire, soit la mobilisation de la recherche publique et privée au service d'une industrie, ceci avec le soutien d'une région.

Se basant sur ce modèle, un projet ambitieux voit le jour en Wallonie sous le nom de Walibeam.

La technologie porteuse est l'implantation ionique par faisceau. Son application industrielle en est le traitement de surface, en d'autres termes, la modification des caractéristiques de surface d'un matériau. Un faisceau d'ions interagit avec la matière qu'il rencontre pour lui conférer dureté, résistance à la corrosion, hydrophobie, hydrophilie, conductivité...

La société Ionics, joint-venture entre le centre de recherche bien connu de Mons, Materia Nova, et des industriels wallons, et ceci via sa filiale française Ionics/Quertech, est à l'origine de la technologie sous sa forme la plus aboutie, celle qui permet son industrialisation. Elle a pu mettre au point

un micro-accélérateur de particules à même de produire un faisceau d'ions suffisamment puissant pour modifier les propriétés des surfaces. Enfin, elle dispose pour cela d'un portefeuille de plus de 30 brevets portant sur des dispositifs de mise en œuvre comme sur différentes applications à toutes sortes de matériaux.

Et au même titre que le Laser a pu sortir des laboratoires pour intégrer l'industrie, soyons convaincus que les accélérateurs de particules, miniaturisés, seront banalisés dans la décennie. Dès 2017 Ionics/Quertech fait de ces objectifs industriels un axe principal de son développement économique.

Aux origines de la technologie

L'implantation ionique, destinée au traitement de surface, est apparue dans les années 80, par détournement de l'usage premier des implanteurs opérant dans l'industrie électronique.

William Shockley, le génial inventeur du transistor, avait dû développer, fin des années 40, pour ses besoins de dopage des semi-conducteurs, un équipement à même de produire un faisceau d'ions.

Quelques laboratoires de par le monde avaient alors réfléchi à un tout autre usage de cet équipement, un usage amenant vers une nouvelle forme de chimie: l'implantation ionique, soit la réaction physico-chimique amenée par l'arrivée d'un atome chargé, ayant perdu un ou plusieurs électrons, dans un solide. Et si les résultats étaient prometteurs, les moyens employés se sont avérés inadaptés pour envisager des applications industrielles à grande échelle.

Il faut dire que les machines nécessaires pour atteindre un demi-micron de profondeur d'implantation étaient longues de 8 mètres et pesaient 2 tonnes. Et elles n'étaient pas des plus fiables dans une continuité de traite-

ment. Rendons toutefois hommage à ces précurseurs.

Ionics/Quertech a repris le problème à sa base: une production de faisceau d'ions avec des moyens légers, peu coûteux et surtout fiables.

Et là, autre détournement, celui d'un démarreur de cyclotron, une source d'ions à même de produire un faisceau continu et stable pour un coût particulièrement serré. Ionics/Quertech baptisa ces sources «micro-accélérateurs de particules» pour signifier sa parenté avec le monde de la physique des particules, de la recherche telle qu'elle est menée au CERN comme au Ganil (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds) de Caen dont sont issus les fondateurs de Quertech.

Les sources d'ions

Un saut technologique a permis, dans les années 80-90, d'envisager une diminution drastique du coût des micro-accélérateurs de particules: l'arrivée des aimants permanents Fer-Néodyme-Bore (FeNB).

Richard Geller, alors chercheur au Ganil, envisage leur emploi pour permettre la création d'un plasma à hauts états de charge. Il précise dans un ouvrage qui fera date, ce qu'il présente comme la Résonance Cyclotronique Electronique, soit la relation étroite entre un champ magnétique confiné et une onde d'excitation pour, sur injection d'un gaz, créer un plasma qu'un fort potentiel transforme en faisceau de matière. Ce sera dorénavant l'élément premier de tout cyclotron.

L'usage de ces sources est resté jusqu'à maintenant très confiné à la recherche fondamentale: meilleure connaissance des particules élémentaires de l'atome et de son noyau, remontée dans le temps jusqu'à quelques millièmes de seconde après le Big-bang, ou créations éphémères de nouveaux éléments venant enrichir le tableau de Mendeleïev.

Une application sort toutefois du cadre étroit des laboratoires: l'hadronthérapie. Moins dommageable que les rayons X, les faisceaux d'ions permettent d'atteindre les cellules cancéreuses sans causer de dommages aux tissus sains traversés.

Citons en Wallonie un bel exemple de ce succès technologique devenu réussite industrielle: la société IBA partenaire de la plateforme Walibeam (cf ci-dessous).

En 2003, les fondateurs de Quertech ont l'idée d'utiliser ces sources pour en faire une application industrielle: le traitement de surface. La rupture est annoncée avec les implantateurs Shockley.

En traitement de surface

«Dieu a créé la matière et le Diable la surface» disait Wolfgang Pauli, physicien autrichien, Prix Nobel de Physique en 1945.

Une nouvelle discipline de la physique se devait de voir le jour: l'interaction ions-matière. En effet, selon le résultat souhaité, il convient de déterminer la nature de l'ion, son énergie, la concentration du faisceau, son interaction envisagée avec la matière rencontrée.

Replongeons-nous dans nos cours de physique et de chimie, sans omettre aucune des sous-matières que sont la physique du solide, la chimie des surfaces, la balistique, la métallurgie, la cristallographie, la connaissance alliages... De l'usage approprié de toutes ces disciplines, les équipes d'Ionics/Quertech se sont forgées une expertise unique au monde, dans le domaine de l'interaction ions-matière appliquée au traitement des verres, métaux et polymères. Ceci s'est traduit par une parfaite maîtrise de la production des ions (micro-accélérateur de particules), de leur accélération, puis de leur dosage pour atteindre des propriétés exceptionnelles en termes de dureté, de diminution du frottement, de résistance à la corrosion. Les profondeurs de traitement oscillent entre 1 et 10 microns. Il s'agit dans ce cas de ré-alliage, d'amorphisation, de réti-

culution ou de nano-restructuration de la surface.

Des matériaux traités, on peut illustrer brièvement ces avancées par:

- L'aluminium, le titane, en dureté (+ 700 %), en résistance à la corrosion, en amélioration du frottement et de la ténacité (résistance à la fissuration)
- Les aciers en dureté (Inox de 1800HV sur 10µm)
- Le cuivre rendu «quasi-inoxydable» par sa résistance à la corrosion très fortement augmentée tout en maintenant sa conductivité
- L'or en dureté (+ 100 %) et en réduction de porosités
- Le platine par amélioration de ses propriétés catalytiques
- Des polymères rendus électriquement conducteurs
- Des élastomères performants et surtout produits sans traitement chimique
- Le verre selon traitement hydrophile ou hydrofuge, antireflet et anti-rayures.

En développant cette nouvelle technologie basée sur leur micro-accélérateur de particules de taille réduite (30 cm, 10 kg), Ionics/Quertech a divisé par un facteur 10 le poids et l'encombrement de l'implanteur. De plus, ne se limitant pas comme les implantateurs connus jusqu'alors, à des ions monochargés,

le micro-implanteur Ionics/Quertech, par implantation d'ions multichargés, multi-énergies, accroît considérablement l'intérêt de l'implantation. En effet, plus la charge de l'ion est élevée, plus ce dernier pénètre profondément dans le matériau. Les ions multichargés s'insèrent ainsi uniformément sur une épaisseur allant de 0,1 à 20 µm. On peut réellement parler d'une efficacité multipliée par 5.

La profondeur de traitement oscillant donc entre 0 et 20 microns peut paraître faible, mais la couche ainsi produite par ré-alliage, amorphisation, réticulation ou nano-restructuration, a des caractéristiques nouvelles en matière de liaisons, de tenue, qui rend toute comparaison difficile avec des procédés existants. Nous sommes ici dans le domaine des nanotechnologies où les modifications se font dans l'organisation cristallographique, les tailles de grains ou leur orientation, la topologie des plans de glissement. Le procédé se différencie ainsi des dépôts du fait d'une délamination impossible, d'un profil dégressif du gaz implanté, et d'une moindre exigence de préparation de la pièce à traiter.

Son expertise a permis le traitement de pièces des industries de l'automobile, de l'aéronautique, de la plasturgie, de l'outillage, de l'horlogerie, de la prothèse, de la connectique...



La société a conduit avec succès une politique de «Try & Buy» sur pièces réelles pour convaincre les leaders de ces industries. On peut citer Renault, PSA, Safran, EADS, Valeo parmi d'autres. Mais du fait du caractère stratégique des applications, beaucoup de firmes souhaitent garder confidentielles leurs avancées avec la technologie. On le comprendra.

Des études ont même été menées en vue de substituer un métal par un autre, moins onéreux. Ionics maintient de ce fait une forte activité de recherche en liaison avec les centres de recherche académiques français et belges (Ganil, CIMAP, ENSICAEN, Institut Lavoisier, INSA de Rennes) et les centres de R&D des industriels.

C'est d'ailleurs à l'occasion d'une collaboration avec un industriel wallon, que Quertech a pu travailler avec Materia Nova, émanation de l'Université de Mons, centre de recherche dédié aux matériaux. De cette rencontre et des quatre années de travail sur un sujet particulièrement porteur, les deux entités se sont rapprochées jusqu'à s'envisager une destinée commune. Ce que la refonte d'Ionics a permis, réunissant Quertech et les développements préindustriels de Materia Nova dans une seule entité: Ionics Group.

Forte de son avance technologique, Quertech, devenu Ionics/Quertech, a pu déposer une trentaine de brevets. Ce portefeuille en fait d'elle un partenaire incontournable pour des projets dont l'ambition est d'aller à la conquête des marchés. Nul industriel ne se risquerait à proposer des produits dont il ne disposerait pas de tous les droits d'exploitation.

Enfin, Quertech a été reconnue au travers de nombreux prix et récompenses. La société s'est vue ainsi récompenser par un prix valorisant ce procédé «vert»: le prix Pierre Potier, pour une innovation en chimie au bénéfice de l'environnement. Il lui a été remis par le Prix Nobel de Chimie 2005, Yves Chauvin.

L'équipement de traitement

La machine de traitement ou micro-

implanteur se compose essentiellement d'une enceinte de traitement sous vide, du micro-accélérateur de particules et d'un dispositif de déplacement de la pièce.

Le mode opératoire est le suivant:

- disposer la pièce sur le porte-pièce;
- mettre sous vide l'enceinte;
- choisir le gaz;
- créer le faisceau;
- le faisceau balaye les zones à traiter;
- le temps de traitement est déterminé par le gaz et la qualité recherchée;
- casser le vide;
- retirer la pièce.



Caractérisations des traitements

Suivant les paramètres utilisés, il est possible d'obtenir différentes modifications du matériau implanté:

- ré-alliage de surface: création de précipités (Nitrures, Oxydes, Carbures);
- amorphisation: création d'un chaos structurel;
- nano restructuration: réorganisation de la matière en vue d'obtenir une topologie de surface particulière;
- réticulation (polymères).

Le choix s'effectue selon la qualité recherchée, le matériau cible et le gaz retenu.

Parmi les gaz utilisés, on notera préférentiellement l'usage de l'Azote, de l'Hélium, de l'Oxygène, voire de l'Argon. Des hydrures, pourront être obtenus des faisceaux de Carbone, de Bore ou de Silicium.

On le voit là, la frontière apparaît toute mince entre la physique, celle des particules, et la chimie, toutefois pas très classique. Les différentes com-

binaisons (élément retenu, nature de la cible, énergie, dose, température de traitement) permettent de s'approcher au plus près du résultat recherché. Et bien qu'on soit là en présence d'une nanotechnologie applicable à de grandes surfaces, le traitement peut être d'une très grande rigueur, celle-ci étant due au fait de travailler avec des millions d'éléments statistiquement déterminés à occuper une place bien précise dans le matériau cible.

La dynamique Walibeam

On le sait, il y a plusieurs étapes à franchir avant d'atteindre la finalité essentielle d'une innovation technologique: sa mise en production. C'est là tout l'objet du projet Walibeam porté par un ensemble d'industriels, dont IONICS/QUERTECH, AGC, IBA, GRAUX, FEDERAL MOGUL... et de partenaires R&D, dont Materia Nova, les universités de Mons et de Namur, le CRM... En offrant une plateforme de validation préindustrielle à ses partenaires, Walibeam permet de s'assurer que de l'idée première, aucun blocage ne viendra entraver la marche vers l'industrialisation.

La plateforme de validation disposera de plusieurs unités démonstratrices à destination des grandes surfaces à traiter (multi-têtes), des traitements en continu (bandes), de pièces à géométrie complexe (multi-axes) ou encore de poudres (mélangeur).

Et si cette dynamique devrait bénéficier à la Wallonie et aux industriels présents dans la région, elle devrait s'ouvrir rapidement à des entités européennes voulant y contribuer.

Le succès économique, lié à une technologie naissante, découle définitivement de la bonne adéquation entre un territoire, une recherche porteuse et des industriels à même de se l'approprier. La spirale vertueuse est lancée en Wallonie autour du traitement de surface par faisceaux d'ions.

Pour plus d'informations:

IONICS
Luc Langer